

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-61014

(P2018-61014A)

(43) 公開日 平成30年4月12日(2018.4.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 51/50 (2006.01)	HO 5 B 33/22 A	3 K 1 0 7
HO 5 B 33/02 (2006.01)	HO 5 B 33/14 A	
	HO 5 B 33/02	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-172716 (P2017-172716)	(71) 出願人 514188173 株式会社 J O L E D 東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地
(22) 出願日 平成29年9月8日 (2017.9.8)	
(31) 優先権主張番号 特願2016-192871 (P2016-192871)	(74) 代理人 110001900 特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
(32) 優先日 平成28年9月30日 (2016.9.30)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 三島 孝介 東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地 株式会社 J O L E D 内
	F ターム (参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 CC04 CC12 CC22 DD10 DD17 DD23 DD27 DD75 DD86 FF15 FF19

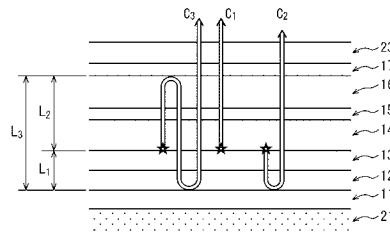
(54) 【発明の名称】 有機 E L 素子、および有機 E L パネル

(57) 【要約】

【課題】 光共振器構造を採用し、かつ、駆動電圧の低下や発光効率、寿命を向上させた有機 E L 素子を提供する

【解決手段】 有機 E L 素子 1 は、陽極 1 1 と、陽極 1 1 の主面側に配された陰極 1 7 と、陽極 1 1 と陰極 1 7 との間に配された発光層 1 4 と、発光層 1 4 の陰極 1 7 側の面に接して配された電子輸送層 1 5 と、電子輸送層 1 5 と陰極 1 7 との間に、電子輸送層 1 5 と陰極 1 7 とに接して配された電子注入層 1 6 とを備え、電子輸送層 1 5 の最低空軌道 (L U M O) 準位は電子注入層 1 6 の L U M O 準位または電子輸送層 1 6 に含まれる金属材料のフェルミ準位より低く、電子注入層 1 6 の膜厚は電子輸送層 1 5 の膜厚より大きい。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と、
 前記陽極の主面側に配された陰極と、
 前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、
 前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、
 前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層と
 を備え、
 前記電子輸送層の最低空軌道（LUMO）準位は、前記電子注入層のLUMO準位または
 前記電子注入層に含まれる金属材料のフェルミ準位より低く、
 前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい
 有機EL素子。

10

【請求項 2】

前記電子輸送層のLUMO準位は、前記電子注入層のLUMO準位または前記電子注入
 層に含まれる金属材料のフェルミ準位より0.3 eV以上低い
 請求項 1 に記載の有機EL素子。

【請求項 3】

前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差は0.5 eV以上で
 ある
 請求項 1 または 2 に記載の有機EL素子。

20

【請求項 4】

陽極と、
 前記陽極の主面側に配された陰極と、
 前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、
 前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、
 前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層と前記陰極とに接して配された電
 子注入層と
 を備え、
 前記発光層の最低空軌道（LUMO）準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差は0
 .5 eV以上であり、
 前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい
 有機EL素子。

30

【請求項 5】

陽極と、
 前記陽極の主面側に配された陰極と、
 前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、
 前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、
 前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層と
 を備え、
 前記電子輸送層の最高被占有軌道（HOMO）準位と前記発光層のHOMO準位との差
 は、前記発光層の最低空軌道（LUMO）準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差よ
 りも大きく、
 前記電子輸送層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい
 有機EL素子。

40

【請求項 6】

前記電子輸送層のHOMO準位と前記発光層のHOMO準位との差は、前記発光層のL
 UMO準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差よりも0.4 eV以上大きい
 請求項 5 に記載の有機EL素子。

【請求項 7】

陽極と、

50

前記陽極の主面側に配された陰極と、
 前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、
 前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、
 前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、
 前記電子輸送層は金属材料を含み、
 前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位は、前記電子注入層の最低空軌道（LUMO）準位または前記電子注入層に含まれる金属材料のフェルミ準位より低く、
 前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい
 有機EL素子。

10

【請求項8】

前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位は、前記電子注入層のLUMO準位または前記電子注入層に含まれる金属材料のフェルミ準位より0.3 eV以上低い
 請求項7に記載の有機EL素子。

【請求項9】

前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差は0.5 eV以上である
 請求項7または8に記載の有機EL素子。

【請求項10】

陽極と、
 前記陽極の主面側に配された陰極と、
 前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、
 前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、
 前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、
 前記電子輸送層は金属材料を含み、
 前記発光層の最低空軌道（LUMO）準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差は0.5 eV以上であり、
 前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい
 有機EL素子。

20

30

【請求項11】

陽極と、
 前記陽極の主面側に配された陰極と、
 前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、
 前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、
 前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、
 前記電子輸送層は金属材料を含み、
 前記電子輸送層の最高被占有軌道（HOMO）準位と前記発光層のHOMO準位との差は、前記発光層の最低空軌道（LUMO）準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差よりも大きく、
 前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい
 有機EL素子。

40

【請求項12】

前記電子輸送層のHOMO準位と前記発光層のHOMO準位との差は、前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差よりも0.4 eV以上大きい
 請求項11に記載の有機EL素子。

【請求項13】

前記電子注入層に含まれる前記金属材料は、アルカリ金属、アルカリ土類金属、および

50

、遷移金属から選択される

請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子。

【請求項 1 4】

前記電子注入層に含まれる前記金属材料はバリウムである

請求項 1 3 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 1 5】

前記電子注入層と前記陰極との間に、光学調整層をさらに有する

請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子。

【請求項 1 6】

前記光学調整層は、透明導電膜である

請求項 1 5 に記載の有機 E L 素子。

10

【請求項 1 7】

前記陽極が光反射性を有し、前記陰極が光透過性を有し、

前記発光層から発光される光を前記陰極側から出射する構造を有する

請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子。

【請求項 1 8】

請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子が基板上に複数形成された有機 E L パネル。

【請求項 1 9】

前記基板はフレキシブル基板である

請求項 1 8 に記載の有機 E L パネル。

20

【請求項 2 0】

前記複数の有機 E L 素子の前記電子注入層は共通層である

請求項 1 8 または 1 9 に記載の有機 E L パネル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、共振器構造を有する有機 E L 素子におけるエネルギーバンド構造と機能層の膜厚に関する。

【背景技術】

30

【0 0 0 2】

近年、表示装置に有機 E L 素子を利用したものが普及しつつある。

有機 E L 素子は、陽極と陰極との間に、少なくとも発光層が挟まれた構造を有している

。

発光層を構成する有機材料の最低空軌道 (L U M O ; L o w e s t U n o c c u p i e d M o l e c u l a r O r b i t a l) のエネルギー準位 (以下、「 L U M O 準位」と呼ぶ) は、多くの場合、陰極材料のフェルミ準位との差が大きい。そこで、有機 E L 素子は、発光層に電子を供給するための機能層 (電子注入層、電子輸送層等) が発光層と陰極との間にさらに挟まれた構成を有している。

【0 0 0 3】

40

また、有機 E L 素子では、陽極の陰極と対向している主面と、陰極の陽極と対向している主面とで、光共振器構造を有している。すなわち、発光層から透光性電極を透過した光と、一度以上電極の主面で発光層側に反射した光との位相を揃えることで、発光層から出射された光を相互に強めあうように干渉させ、光取り出し効率を向上させている (特許文献 1) 。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 4 9 6 0 5 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、有機EL素子の駆動電圧の低下や発光効率、寿命を向上させるために最適な発光層や機能層の膜厚と、光共振器構造上の最適な膜厚とは必ずしも一致しない。特に、光共振器構造上、発光層と陰極との離間間隔が最も小さい設計（0次光干渉）では発光層や機能層を薄膜化せざるを得ないため、より膜厚を大きくできる1次光干渉、2次光干渉を用いることが検討されている。一方で、1次光干渉では発光層と陰極との離間間隔が100nmより大きくなり、発光層や機能層のうち1つ以上を厚膜化する必要が生じる。そのため、1次以上の光干渉を用いる光共振器構造を採用する際に、有機EL素子の駆動電圧や発光効率、寿命を向上させることが困難である。

10

【0006】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、1次以上の光干渉を用いる光共振器構造を採用し、かつ、駆動電圧の低下や発光効率、寿命を向上させた有機EL素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達するために、本発明の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極の主面側に配された陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、前記電子輸送層の最低空軌道（LUMO）準位は前記電子注入層のLUMO準位または前記電子注入層に含まれる金属材料のフェルミ準位より低く、前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい。

20

【発明の効果】

【0008】

上記態様に係る有機EL素子は、1次以上の光干渉を用いる光共振器構造を有した構成とすることができ、かつ、駆動電圧の低下や発光効率、寿命を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1に係る有機EL素子1の構成を模式的に示す図である。

【図2】実施の形態1に係る有機EL素子1のエネルギーバンド構造を示すバンドダイアグラムである。

30

【図3】実施の形態1に係る有機EL素子1の光共振器構造を模式的に示す断面図である。

【図4】実施の形態1に係る有機EL素子1と、比較例1、2における、駆動電圧、発光効率、寿命を示す表である。

【図5】実施の形態2に係る有機EL表示パネル100の部分断面図である。

【図6】実施の形態2に係る有機EL素子1の製造工程の一部を模式的に示す部分断面図であって、(a)はTFT基板21であり、(b)はTFT基板21上に陽極11が形成された状態、(c)はTFT基板21および陽極11上に隔壁層22が形成された状態、(d)は隔壁層22の開口部22a内において陽極11上にホール注入層12が形成された状態、(e)は隔壁層22の開口部22a内においてホール注入層12上にホール輸送層13が形成された状態、(f)は隔壁層22の開口部22a内においてホール輸送層13上に発光層14が形成された状態を示す。

40

【図7】図6に続いて実施の形態2に係る有機EL素子1の製造工程の一部を模式的に示す部分断面図であって、(a)は発光層14および隔壁層22上に電子輸送層15が形成された状態、(b)は電子輸送層15上に電子注入層16が形成された状態、(c)は電子注入層16上に陰極17が形成された状態、(d)は陰極17上に封止層23が形成された状態を示す。

【図8】実施の形態2に係る有機EL素子1を備えた有機EL表示装置1000の構成を示すブロック図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0010】

<開示の態様>

本開示の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極の主面側に配された陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、前記発光層の最低空軌道(LUMO)準位は前記電子輸送層のLUMO準位または前記電子輸送層に含まれる金属材料のフェルミ準位より低く、前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい。

【0011】

また、本開示の他の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極の主面側に配された陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、前記電子輸送層は金属材料を含み、前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位は、前記電子注入層の最低空軌道(LUMO)準位または前記電子注入層に含まれる金属材料のフェルミ準位より低く、前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい。

【0012】

上記態様に係る有機EL素子は、電子注入層から電子輸送層へ電子を注入するためのエネルギー障壁(以下、「電子注入障壁」と呼ぶ)が負の値を取る。そのため、陰極から発光層への電子注入障壁は、電子注入層から発光層への電子注入障壁の大きさが支配的となり、電子注入層の膜厚の影響を受けない。したがって、電子注入層を厚膜化させて光共振器構造を形成することで、有機EL素子の光取り出し効率の向上と寿命の向上を図ることができる。

【0013】

また、上記態様の有機EL素子において、前記電子輸送層のLUMO準位は、前記電子注入層のLUMO準位または前記電子注入層に含まれる金属材料のフェルミ準位より0.3 eV以上低い、としてもよい。

また、上記態様の有機EL素子において、前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位は、前記電子注入層のLUMO準位または前記電子注入層に含まれる金属材料のフェルミ準位より0.3 eV以上低い、としてもよい。

【0014】

また、上記態様の有機EL素子において、前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差は0.5 eV以上である、としてもよい。

また、上記態様の有機EL素子において、前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差は0.5 eV以上である、としてもよい。

これにより、電子輸送層から発光層への電子注入障壁が電子注入層から電子輸送層への電子注入障壁に対して十分大きくなり、電子注入層の膜厚が有機EL素子の駆動電圧、発光効率、寿命等の特性へ与える影響がさらに小さくなる。

【0015】

また、本開示の他の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極の主面側に配された陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層と前記陰極とに接して配された電子注入層とを備え、前記発光層の最低空軌道(LUMO)準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差は0.5 eV以上であり、前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい。

【0016】

また、本開示の他の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極の主面側に配された陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に

10

20

30

40

50

接して配された電子注入層とを備え、前記電子輸送層は金属材料を含み、前記発光層の最低空軌道（LUMO）準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差は0.5 eV以上であり、前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい。

【0017】

上記態様に係る有機EL素子は、電子輸送層から発光層への電子注入障壁が大きい。そのため、陰極から発光層への電子注入障壁は、電子注入層から発光層への電子注入障壁の大きさが支配的となり、電子注入層の膜厚の影響を受けない。したがって、電子注入層を厚膜化させて光共振器構造を形成することで、有機EL素子の光取り出し効率の向上と寿命の向上を図ることができる。

10

【0018】

また、本開示の他の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極の主面側に配された陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、前記電子輸送層の最高被占有軌道（HOMO）準位と前記発光層のHOMO準位との差は、前記発光層の最低空軌道（LUMO）準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差よりも大きく、前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい。

【0019】

また、本開示の他の一態様に係る有機EL素子は、陽極と、前記陽極の主面側に配された陰極と、前記陽極と前記陰極との間に配された発光層と、前記発光層の前記陰極側の面に接して配された電子輸送層と、前記電子輸送層と前記陰極との間に、前記電子輸送層に接して配された電子注入層とを備え、前記電子輸送層は金属材料を含み、前記電子輸送層の最高被占有軌道（HOMO）準位と前記発光層のHOMO準位との差は、前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差よりも大きく、前記電子注入層の膜厚は、前記電子輸送層の膜厚より大きい。

20

【0020】

上記態様に係る有機EL素子は、発光層から電子注入層へのホールを注入するためのエネルギー障壁（以下、「ホール注入障壁」と呼ぶ）が電子注入層から発光層への電子注入障壁よりも大きい。そのため、発光層から電子注入層へのホールの移動を防ぐことができ、電子とホールの再結合領域を広範囲化することができる。さらに、有機EL素子の光取り出し効率の向上と寿命の向上を図ることができる。

30

【0021】

また、上記態様の有機EL素子において、前記電子輸送層のHOMO準位と前記発光層のHOMO準位との差は、前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層のLUMO準位との差よりも0.4 eV以上大きい、としてもよい。

また、上記態様の有機EL素子において、前記電子輸送層の最高被占有軌道（HOMO）準位と前記発光層のHOMO準位との差は、前記発光層のLUMO準位と前記電子輸送層に含まれる前記金属材料のフェルミ準位との差よりも0.4 eV以上大きい、としてもよい。

40

【0022】

また、上記態様の有機EL素子において、前記電子注入層に含まれる前記金属材料は、アルカリ金属、アルカリ土類金属、または、遷移金属から選択されてもよい。

また、上記態様の有機EL素子において、前記電子注入層に含まれる前記金属材料はバリウムであってもよい。

これにより、電子注入層の仕事関数が小さく電子注入性がさらに向上するため、駆動電圧の低減による消費電力の低減に寄与する。

【0023】

また、上記態様の有機EL素子において、前記電子注入層と前記陰極との間に、光学調整層をさらに有する、としてもよい。

50

これにより、電子輸送層だけでは光共振器構造の膜厚が不足する場合、駆動電圧や発光効率、寿命に影響させることなく共振器構造を形成することができる。

また、上記態様の有機EL素子において、前記陽極が光反射性を有し、前記陰極が光透過性を有し、前記発光層から発光される光を前記陰極側から出射する構造を有してもよい。

【0024】

また、本開示の一態様に係る有機ELパネルは、上記態様に係る有機EL素子が、基板の表面に複数形成される。

また、上記態様の有機ELパネルにおいて、前記基板はフレキシブル基板である、としてもよい。

また、上記態様の有機ELパネルにおいて、前記複数の有機EL素子の前記電子注入層は共通層である、としてもよい。

【0025】

<実施の形態>

以下、実施の形態に係る有機EL素子について説明する。なお、以下の説明は、本発明の一態様に係る構成および作用・効果を説明するための例示であって、本発明の本質的部分以外は以下の形態に限定されない。

<実施の形態1>

[1.有機EL素子の構成]

図1は、本実施の形態に係る有機EL素子1の断面構造を模式的に示す図である。有機EL素子1は、陽極11、ホール注入層12、ホール輸送層13、発光層14、電子輸送層15、電子注入層16、および、陰極17を備える。

【0026】

有機EL素子1において、陽極11と陰極17とは主面同士が向き合うように互いに対向して配されており、陽極11と陰極17との間に発光層14が形成されている。

発光層14の陽極11側には、発光層14に接してホール輸送層13が形成されている。ホール輸送層13と陽極11の間にはホール注入層12が形成されている。

発光層14の陰極17側には、発光層14に接して電子輸送層15が形成されている。電子輸送層15と陰極17の間には電子注入層16が形成されている。

【0027】

陽極11は、光反射性の金属材料からなる金属層を含む。光反射性を具備する金属材料の具体例としては、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、アルミニウム合金、モリブデン(Mo)、APC(銀、パラジウム、銅の合金)、ARA(銀、ルビジウム、金の合金)、MoCr(モリブデンとクロムの合金)、MoW(モリブデンとタングステンの合金)、NiCr(ニッケルとクロムの合金)などが挙げられる。

【0028】

ホール注入層12は、陽極11から発光層14へのホール(正孔)の注入を促進させる機能を有する。ホール注入層12は、例えば、Ag、Mo、クロム(Cr)、バナジウム(V)、タングステン(W)、ニッケル(Ni)、イリジウム(Ir)などの酸化物、あるいは、PEDOT(ポリチオフェンとポリスチレンスルホン酸との混合物)などの導電性ポリマー材料からなる。

【0029】

ホール輸送層13は、ホール注入層12から注入されたホールを発光層14へ輸送する機能を有する。例えば、ポリフルオレンやその誘導体、あるいは、ポリアリールアミンやその誘導体などの高分子化合物などを用いることができる。

ホール輸送層13と電子輸送層15とははさまれて、この両方に接して形成されている発光層14は、ホールと電子の再結合により光を出射する機能を有する。発光層14を形成する材料としては公知の有機材料を利用することができる。例えば、オキシノイド化合物、ペリレン化合物、クマリン化合物、アザクマリン化合物、オキサゾール化合物、オキサジアゾール化合物、ペリノン化合物、ピロロピロール化合物、ナフタレン化合物、アン

10

20

30

40

50

トラセン化合物、フルオレン化合物、フルオランテン化合物、テトラセン化合物、ピレン化合物、コロネン化合物、キノロン化合物及びアザキノロン化合物、ピラゾリン誘導体及びピラゾロン誘導体、ローダミン化合物、クリセン化合物、フェナントレン化合物、シクロペンタジエン化合物、スチルベン化合物、ジフェニルキノン化合物、スチリル化合物、ブタジエン化合物、ジシアノメチレンピラン化合物、ジシアノメチレンチオピラン化合物、フルオレsein化合物、ピリリウム化合物、チアピリリウム化合物、セレナピリリウム化合物、テルロピリリウム化合物、芳香族アルダジエン化合物、オリゴフェニレン化合物、チオキサンテン化合物、シアニン化合物、アクリジン化合物、8-ヒドロキシキノリン化合物の金属錯体、2-ピピリジン化合物の金属錯体、シッフ塩とIII族金属との錯体、オキシ金属錯体、希土類錯体等の蛍光物質や、トリス(2-フェニルピリジン)イリジウムなどの燐光を発光する金属錯体等の燐光物質を用いることができる。

10

20

30

40

50

【0030】

電子輸送層15は、発光層14の陰極17側の面と接して形成され、陰極17からの電子を発光層14へ輸送するとともに、発光層14への電子の注入を制限する機能を有する。発光層14への電子の注入を制限する機能は、後述のエネルギーバンド構造の設計により実現される。電子輸送層15は、電子輸送性が高い有機材料からなる。また、電子輸送層15は膜厚が1nmより厚く、30nm以下の範囲で形成されている。電子輸送層15の膜厚が過度に薄いと、電子注入層16から発光層14へ電子が直接移動し、電子輸送層15と発光層14との界面におけるエネルギー障壁の大きさが、陰極17と発光層14との間に流れる電流に十分な影響を及ぼさない恐れがある。しかし、電子輸送層15の膜厚が1nmより厚ければ、電子が電子注入層16から発光層14へ直接移動することを抑止することができる。

【0031】

電子輸送層15に用いられる有機材料としては、例えば、オキサジアゾール誘導体(OXD)、トリアゾール誘導体(TAZ)、フェナンスロリン誘導体(BCP、Bphen)などの電子系低分子有機材料が挙げられる。

なお、電子輸送層15の厚膜化は、電子輸送層15における光の吸収を増大させることになる。電子輸送層15を通過する光を過度に減衰させないためには、電子輸送層15の膜厚を30nm以下に形成することが好ましい。

【0032】

電子注入層16は、電子輸送層15の陰極17側の面と接して形成され、陰極17から供給される電子を発光層14側へと注入する機能を有する。電子注入層16は、例えば、電子輸送性が高い有機材料に、アルカリ金属、アルカリ土類金属、あるいは、遷移金属から選択されるドーパ金属がドーパされて形成されてなる、または、有機材料と金属錯体とを含む。ここで、有機材料にドーパ金属がドーパするとは、有機材料中にドーパ金属の原子またはイオンを分散させ、単一の相を形成することを指す。実施の形態では、有機材料に、ドーパ金属としてのBaがドーパされている。Baのドーパ濃度は40wt%以下であり、20wt%以下が好ましく、15wt%以下がより好ましい。電子注入層中の金属材料濃度が高いと、可視光の透過性が低下し、発光効率の低下を招くためである。一方、後述のエネルギーバンド構造から、ドーパ濃度は過度に低くない限り電子注入性はドーパ濃度に依存しない。

【0033】

アルカリ金属に該当する金属は、例えば、リチウム(Li)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、ルビジウム(Rb)、セシウム(Cs)、フランシウム(Fr)である。アルカリ土類金属に該当する金属は、例えば、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、ラジウム(Ra)である。遷移金属に該当する金属は、例えば、チタン(Ti)、イッテルビウム(Yb)、バナジウム(V)である。

【0034】

電子注入層16に用いられる有機材料としては、例えば、オキサジアゾール誘導体(OXD)、トリアゾール誘導体(TAZ)、フェナンスロリン誘導体(BCP、Bphen)

)などの電子系低分子有機材料が挙げられる。なお、後述のエネルギーバンド構造の設計上、電子輸送層15の有機材料とは異なる材料が用いられる。

電子注入層16の膜厚は、40nm以上で、かつ、後述する光共振器構造に好適な膜厚で形成されている。上述したように発光層14と陰極17との離間間隔は100nmより大きいため、好適には80nmから120nmの範囲である。

【0035】

陰極17は、金属材料で形成された金属層および金属酸化物で形成された金属酸化物層の少なくとも一方を含んでいる。陰極17における金属層の膜厚は1nm~50nm程度に薄く設定されて光透過性を有している。金属材料は光反射性の材料であるが、金属層の薄膜を50nm以下と薄くすることによって、光透過性を確保することができる。したがって、発光層14からの光の一部は陰極17において反射されるが、残りの一部は陰極17を透過する。

【0036】

陰極17に含まれる金属層を形成する金属材料としては、Ag、Agを主成分とする銀合金、Al、Alを主成分とするAl合金が挙げられる。Ag合金としては、マグネシウム-銀合金(MgAg)、インジウム-銀合金が挙げられる。Agは、基本的に低抵抗率を有し、Ag合金は、耐熱性、耐腐食性に優れ、長期にわたって良好な電気伝導性を維持できる点で好ましい。Al合金としては、マグネシウム-アルミニウム合金(MgAl)、リチウム-アルミニウム合金(LiAl)が挙げられる。その他の合金として、リチウム-マグネシウム合金、リチウム-インジウム合金が挙げられる。

【0037】

陰極17に含まれる金属層は、例えばAg層あるいはMgAg合金層の単層で構成してもよいし、Mg層とAg層の積層構造(Mg/Ag)、あるいは、MgAg合金層とAg層の積層構造(MgAg/Ag)にしてもよい。

陰極17に含まれる金属酸化物層を形成する金属酸化物としては、ITO(酸化インジウム錫)、IZO(酸化インジウム亜鉛)が挙げられる。

【0038】

また、陰極は、金属層単独、または、金属酸化物層単独で構成してもよいが、金属層の上に金属酸化物層を積層した積層構造、あるいは金属酸化物層の上に金属層を積層した積層構造としてもよい。

[2. エネルギーバンド構造]

有機EL素子1は、発光層14、電子輸送層15、および、電子注入層16のエネルギーバンド構造に特徴を有する。以下、各層を形成する有機材料のエネルギー準位を、それぞれの層のエネルギー準位として説明する。

【0039】

図2は、有機EL素子1のエネルギーバンド構造を示すバンドダイアグラムである。図2では、ホール輸送層13、発光層14、電子輸送層15、および、電子注入層16のLUMOのエネルギー準位(以下、「LUMO準位」と表記する)と最高被占有軌道(HOMO; Highest Occupied Molecular Orbital)のエネルギー準位(以下、「HOMO準位」と表記する)とを示し、他の層は記載を省略している。なお、図2では電子の真空準位を図示していないが、LUMO準位、HOMO準位のそれぞれは、バンドダイアグラムの下側であるほど、電子の真空準位からの差が大きく、エネルギーレベルが低い。

【0040】

[2.1 エネルギー障壁]

陰極17側から発光層14へ電子を注入するためのエネルギー障壁が、陰極17から発光層14までの各層の界面に存在する。このエネルギー障壁は、界面の陽極11側の層と陰極17側の層とのLUMO準位の差に起因する。以下、隣り合う2つの層の界面において陰極17側から陽極11側へ電子を注入するためのエネルギー障壁を「電子注入障壁」という。

10

20

30

40

50

【0041】

陰極17から電子注入層16への電子の注入では、陰極17から電子注入層16中のドーブ金属へ電子が移動し、ドーブ金属から電子注入層16を構成する有機材料のLUMOへ電子が移動する。そのため、陰極17から電子注入層16への電子注入障壁 $E_g(eil)$ は、電子注入層16のLUMO準位161と電子注入層16のドーブ金属のフェルミ準位との差に相当する。本実施の形態では、電子注入障壁 $E_g(eil)$ は 0 eV である。

【0042】

電子注入層16から電子輸送層15への電子注入障壁 $E_g(etl)$ は、電子輸送層15のLUMO準位151と電子注入層16のLUMO準位161との差によって規定される。電子輸送層15のLUMO準位151は、電子注入層16のLUMO準位161と比較してエネルギーレベルが低く、 $E_g(etl)$ は下記の式(1)を満たすことを特徴とする。さらに、下記の式(2)を満たしていることがより好ましい。本実施の形態では、電子注入障壁 $E_g(etl)$ が -0.3 eV である。

10

【0043】

$$E_g(etl) < 0 \quad \dots \text{式(1)}$$

$$E_g(etl) < -0.3\text{ eV} \quad \dots \text{式(2)}$$

電子輸送層15から発光層14への電子注入障壁 $E_g(eml)$ は、発光層14のLUMO準位141と電子輸送層15のLUMO準位151との差によって規定される。電子注入障壁 $E_g(eml)$ は、陰極17から発光層14までの各層の界面に存在する電子注入障壁のなかで最も大きい。 $E_g(eml)$ は下記の式(3)を満たすことが好ましく、下記の式(4)を満たすことがより好ましい。本実施の形態では、電子注入障壁 $E_g(eml)$ が 0.5 eV である。

20

【0044】

$$E_g(eml) > 0.3\text{ eV} \quad \dots \text{式(3)}$$

$$E_g(eml) \geq 0.5\text{ eV} \quad \dots \text{式(4)}$$

一方、陽極11側から発光層14へホールを注入するためのエネルギー障壁が、陽極11から発光層14までの各層の界面に存在する。このエネルギー障壁は、界面の陽極11側の層と陰極17側の層とのHOMO準位の差に起因する。以下、隣り合う2つの層の界面において陽極11側から陰極17側へホールを注入するためのエネルギー障壁を「ホール注入障壁」という。

30

【0045】

ホール輸送層13から発光層14へのホール注入障壁 $H_g(eml)$ は、ホール輸送層13のHOMO準位132と発光層14のHOMO準位142との差によって規定される。本実施の形態では、ホール注入障壁 $H_g(eml)$ が 0.2 eV である。

電子注入障壁 $E_g(eml)$ とホール注入障壁 $H_g(eml)$ とが、下記式(5)の関係を満たしていてもよい。さらに電子注入障壁 $E_g(eml)$ とホール注入障壁 $H_g(eml)$ とが、下記式(6)の関係を満たしていてもよい。なお、式(6)の場合、当然のことながら、 $E_g(eml)$ は 0.3 eV より大きい。本実施形態では、有機EL素子1の電子注入障壁 $E_g(eml)$ がホール注入障壁 $H_g(eml)$ よりも 0.3 eV 大きい。

40

【0046】

$$E_g(eml) > H_g(eml) \quad \dots \text{式(5)}$$

$$E_g(eml) - H_g(eml) \geq 0.3\text{ eV} \quad \dots \text{式(6)}$$

また、発光層14から電子輸送層15へホールを注入するためのホール注入障壁 $H_g(etl)$ は、電子輸送層15のHOMO準位152と発光層14のHOMO準位142との差によって規定される。本実施の形態では、 0.9 eV である。

【0047】

ホール注入障壁 $H_g(etl)$ とホール注入障壁 $H_g(eml)$ とが、下記式(7)の関係を満たしていてもよい。

50

$$H_g(e_{t1}) > H_g(e_{m1}) \quad \dots \text{式(7)}$$

また、電子注入障壁 $E_g(e_{m1})$ とホール注入障壁 $H_g(e_{t1})$ とが、下記式(8)の関係を満たしている。さらに電子注入障壁 $E_g(e_{m1})$ とホール注入障壁 $H_g(e_{t1})$ とが、下記式(9)の関係を満たしている。本実施形態では、有機EL素子1のホール注入障壁 $H_g(e_{t1})$ が電子注入障壁 $E_g(e_{m1})$ よりも 0.4 eV 大きい。

【0048】

$$E_g(e_{m1}) < H_g(e_{t1}) \quad \dots \text{式(8)}$$

$$H_g(e_{t1}) - E_g(e_{m1}) = 0.4 \text{ eV} \quad \dots \text{式(9)}$$

[3. 共振器構造]

図3は、本実施の形態に係る有機EL素子1の光共振器構造における光の干渉を説明する図である。光共振器構造は、陽極11のホール注入層12との界面と、陰極17の電子注入層16との界面との間に構成される。発光層14は、共振器構造の内側に存在することとなる。

10

【0049】

図3には、発光層14から出射される光の主な経路を示している。経路C1は、発光層14から陰極17側に出射された光が、反射されることなく陰極17を透過する経路である。経路C2は、発光層14から陽極11側に出射された光が、陽極11で反射され、発光層14と陰極17とを透過する経路である。経路C3は、発光層14から陰極17側に出射された光が、陰極17で反射され、さらに陽極11で反射され、発光層14と陰極17とを透過する経路である。そして、これらC1、C2、C3の各径路により出射された光の間で、干渉が生じる。

20

【0050】

経路C1と経路C2の光学距離の差は、図3に示す光学膜厚L1に対応する。光学膜厚L1は、発光層14から陽極11のホール注入層12との界面までの、ホール注入層12、ホール輸送層13の合計の光学距離(各層における膜厚と屈折率との積の合計値)である。

また、経路C2と経路C3との光学距離の差は、図3に示す光学膜厚L2に対応する。光学膜厚L2は、発光層14から陰極17の電子注入層16との界面までの、電子輸送層15と電子注入層16の光学距離(各層における膜厚と屈折率との積の合計値)である。

【0051】

30

また、経路C1と経路C3の光学距離の差は、図3に示す光学膜厚L3に対応する。光学膜厚L3は、光学膜厚L1と光学膜厚L2との合計である。

光共振器構造では、経路C1、経路C2、経路C3のそれぞれの経路により出射された光が強め合うように、光学膜厚L1、L2、L3のそれぞれを設定する。本実施の形態では、光学膜厚L2を、2番目以降のピーク、すなわち、1次光干渉ピークまたは2次光干渉ピーク等に設定する。したがって、陰極17と発光層14との距離は、およそ150nm以上となる。

【0052】

[4. 実験]

電子輸送層15と電子注入層16の膜厚、および、電子注入層16におけるドーパ金属のドーパ濃度が、有機EL素子1の特性に及ぼす影響を評価するために、発光層14から陰極17までの光学膜厚L2をほぼ一定にした上で電子輸送層15と電子注入層16の膜厚、および、電子注入層16におけるドーパ金属であるバリウムのドーパ濃度を变化させたサンプルを作成し、それぞれのサンプルの発光効率、駆動電圧、寿命を測定した。

40

【0053】

各サンプルのエネルギーバンド構造は、図2に示すように、 $E_g(e_{m1})$ が 0.5 eV 、 $E_g(e_{t1})$ が -0.3 eV である。HOMO準位の値は、光電子分光装置(理研計器(株)製、AC-2)を用いて測定した。また、LUMO準位の値は薄膜の光学吸収端をエネルギーギャップとし、HOMO準位の値から減算することにより得た。

実施例であるサンプルAでは、電子輸送層15の膜厚を15nmとした。また、電子注

50

入層 16 の膜厚を 105 nm、ドーピング濃度を 5 wt % とした。一方、比較例であるサンプル B では、電子輸送層 15 の膜厚を 120 nm とし、電子注入層 16 の膜厚を 3 nm、ドーピング濃度を 30 wt % とした。また、比較例であるサンプル C では、電子輸送層 15 の膜厚を 15 nm、電子注入層 16 の膜厚を 3 nm、ドーピング濃度を 30 wt % とし、電子輸送層 15 と電子注入層 16 との間に膜厚 105 nm の中間層を設けることで、光学膜厚 L2 をサンプル A、B と同じくした。また電子輸送層と中間層、中間層と電子注入層の電子注入障壁影響によって特性が悪化することを懸念し、中間層の LUMO と電子注入層の有機材料の LUMO が同等である材料を選択した。

【0054】

図 4 はサンプル A、B、C の測定結果を示す表である。なお、発光効率、駆動電圧、寿命については、サンプル A の値を 100 とした相対値で示している。

サンプル B では、駆動電圧が上昇し、発光効率、寿命ともに低下した。これは、電気抵抗の大きい電子輸送層 15 が厚膜化したことが原因と考えられる。

また、サンプル C においても、駆動電圧が上昇し、発光効率、寿命ともに低下した。これは、電子輸送層 15 と電子注入層 16 の間に中間層が存在するため、中間層のエネルギー準位が電子注入障壁に影響を与えるためである。特に、中間層の LUMO 準位（中間層が半導体でない場合はフェルミ準位）が電子注入層 16 の LUMO 準位より高い場合、中間層と電子注入層 16 間の電子注入障壁により、中間層への電子注入性が低下することとなる。また、中間層の LUMO 準位（中間層が半導体でない場合はフェルミ準位）が電子輸送層 15 の LUMO 準位より低い場合も、中間層と電子輸送層 15 間の電子注入障壁により、電子輸送層 15 への電子注入性が低下することとなる。

【0055】

これに対し、実施の形態に係るサンプル A は、比較例であるサンプル B、サンプル C と比べて駆動電圧が低く、発光効率、寿命ともに向上している。これについては、以下の理由が考えられる。まず、サンプル A、B では、エネルギーバンド構造が上述の式 (1) ~ 式 (6) を満たしているため、陰極 17 から発光層 14 への電子の注入性は電子注入障壁 $E_g(e_{ml})$ の影響を大きく受け、有機 EL 素子の駆動電圧、発光効率、寿命における電子注入層 16 におけるバリウムのドーピング濃度に対する依存度が低い。したがって、サンプル A では、サンプル B、サンプル C と比べて電子注入層 16 におけるバリウムのドーピング濃度が低くしている。これにより、サンプル A では、電子注入層 16 の厚膜化を行っているにもかかわらず、バリウムによる可視光の吸収が少ないため光取り出し効率の低下が抑制される。その一方、サンプル B と比べて、電気抵抗の大きい電子輸送層 15 が薄く、かつ、電気抵抗の小さい電子注入層 16 が厚いため、駆動電圧が低い。

【0056】

したがって、図 2 に示すエネルギーバンド構造を採用し、かつ、光共振器構造を採用する場合、光学膜厚 L2、L3 が所望の光学距離となるように電子注入層 16 を厚膜化することが好ましい。

[5.まとめ]

以上説明したように本実施の形態に係る有機 EL 素子 1 は、発光層 14 の LUMO 準位 141 と電子輸送層 15 の LUMO 準位 151 との差が 0.3 eV 以上である。このため、発光層 14 への電子注入障壁 $E_g(e_{ml})$ が 0.3 eV 以上と大きく、発光層 14 にホールが十分に供給されて陰極 17 側に拡がる。したがって、発光層 14 における再結合領域が膜厚方向に広くなり、有機 EL 素子 1 の長寿命化が期待できる。

【0057】

また、本実施の形態に係る有機 EL 素子 1 は、電子輸送層 15 の LUMO 準位 151 が電子注入層 16 の LUMO 準位 161 より低く、電子輸送層 15 への電子注入障壁 $E_g(e_{tl})$ が負の値である。したがって、電子注入層 16 において金属材料のドーピング濃度にばらつきがあっても、電子注入層 16 から電子輸送層 15 への電子注入障壁 $E_g(e_{tl})$ が、電子輸送層 15 から発光層 14 への電子注入障壁 $E_g(e_{ml})$ より大きくなり、陰極 17 から発光層 14 への電子注入性は、最も大きい電子注入障壁

Eg (eml) によって定まり、電子注入層 16 における金属材料のドーパ濃度のばらつきが有機 EL 素子 1 の駆動電圧、発光効率、寿命に影響を与えることを抑止できる。

【0058】

さらに、本実施の形態に係る有機 EL 素子 1 は、電子注入層 16 の膜厚が、電子輸送層 15 の膜厚よりも大きい。電子注入層 16 は電子輸送層 15 より電気伝導度が高く、また、その膜厚が有機 EL 素子 1 の駆動電圧、発光効率、寿命に影響を与える影響が小さい。したがって、有機 EL 素子 1 の駆動電圧、発光効率、寿命への影響を抑制しつつ、光共振器構造を形成することができる。

【0059】

<実施の形態 2 >

実施の形態 2 では、実施の形態 1 で説明した有機 EL 素子を基板上に複数配列して構成した有機 EL 表示パネル 100 について説明する。

[1. 有機 EL 表示パネルの構成]

図 5 は、実施の形態 2 に係る有機 EL 表示パネル 100 (図 8 参照) の部分断面図である。有機 EL 表示パネル 100 は、3 つの色 (赤色、緑色、青色) を発光する有機 EL 素子 1 (R)、1 (G)、1 (B) で構成される画素を複数備えている。図 5 では、その 1 つの青色の有機 EL 素子 1 (B) を中心としてその周辺の断面を示している。

【0060】

有機 EL 表示パネル 100 において、各有機 EL 素子 1 は、前方 (図 5 における紙面上方) に光を出射するいわゆるトップエミッション型である。

有機 EL 素子 1 (R) と、有機 EL 素子 1 (G) と、有機 EL 素子 1 (B) は、ほぼ同様の構成を有するので、以下では、まとめて有機 EL 素子 1 として説明する。

図 5 に示すように、有機 EL 素子 1 は、TFT 基板 21、陽極 11、隔壁層 22、ホール注入層 12、ホール輸送層 13、発光層 14、電子輸送層 15、電子注入層 16、陰極 17、および、封止層 23 を備える。なお、TFT 基板 21、電子輸送層 15、電子注入層 16、陰極 17、封止層 23 は、画素ごとに形成されているのではなく、有機 EL 表示パネル 100 が備える複数の有機 EL 素子 1 に共通して形成されている。

【0061】

以下、実施の形態 1 で説明した有機 EL 素子 1 の構成についてはその説明を省略し、実施の形態 2 に係る有機 EL 表示パネル 100 において追加された要素についてのみ説明する。

TFT 基板 21 は、絶縁材料である基材と、TFT (Thin Film Transistor) 層と、層間絶縁層とを含む。TFT 層には、画素ごとに駆動回路が形成されている。基材は、例えば、ガラス材料からなる基板である。ガラス材料としては、無アルカリガラス、ソーダガラス、無蛍光ガラス、燐酸系ガラス、硼酸系ガラス、石英等のガラスなどが挙げられる。層間絶縁層は、樹脂材料からなり、TFT 層の上面の段差を平坦化するためのものである。樹脂材料としては、例えば、ポジ型の感光性材料が挙げられる。また、このような感光性材料として、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、シロキサン系樹脂、フェノール系樹脂が挙げられる。

【0062】

また、図 5 の断面図には示されていないが、TFT 基板 21 の層間絶縁層には、画素ごとにコンタクトホールが形成されている。

陽極 11 は、TFT 基板 21 の層間絶縁層上に形成されている。陽極 11 は、画素毎に個々に設けられ、コンタクトホールを通じて TFT 層と電氣的に接続されている。陽極 11 は、金属層単独で構成してもよいが、金属層の上に、ITO や IZO のような金属酸化物からなる層を積層した積層構造としてもよい。

【0063】

隔壁層 22 は、陽極 11 の上面の一部の領域を露出させ、その周辺の領域を被覆した状態で陽極 11 上に形成されている。陽極 11 上面において隔壁層 22 で被覆されていない領域 (以下、「開口部」という) は、サブピクセルに対応している。すなわち、隔壁層 2

10

20

30

40

50

2 は、サブピクセルごとに設けられた開口部 2 2 a を有する。

ホール注入層 1 2、ホール輸送層 1 3、および、発光層 1 4 は、陽極上の開口部 2 2 a 内に、この順で積層して設けられている。

【0064】

本実施の形態においては、隔壁層 2 2 は、陽極 1 1 が形成されていない部分においては、TFT 基板 2 1 上に形成されている。すなわち、陽極 1 1 が形成されていない部分においては、隔壁層 2 2 の底面は TFT 基板 2 1 の上面と接している。

隔壁層 2 2 は、例えば、絶縁性の有機材料（例えば、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、ノボラック樹脂、フェノール樹脂等）からなる。隔壁層 2 2 は、発光層 1 4 を塗布法で形成する場合には、塗布されたインクがあふれ出ないようにするための構造物として機能し、発光層 1 4 を蒸着法で形成する場合には、蒸着マスクを載置するための構造物として機能する。本実施の形態では、隔壁層 2 2 は、樹脂材料からなり、隔壁層 2 2 の材料としては、例えば、ポジ型の感光性材料が挙げられる。また、このような感光性材料として、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、シロキサン系樹脂、フェノール系樹脂が挙げられる。本実施の形態においては、フェノール系樹脂が用いられている。

【0065】

各サブピクセルに共通して設けられている陰極 1 7 の上には、発光層 1 4 が水分や酸素等に触れて劣化することを抑制する目的で封止層 2 3 が形成されている。有機 EL 表示パネル 1 0 0 はトップエミッション型であるため、封止層 2 3 の材料としては、例えば、SiN（窒化シリコン）、SiON（酸窒化シリコン）等の光透過性材料が選択される。

なお、図 5 には示されないが、封止層 2 3 の上に、封止樹脂を介してカラーフィルタや上部基板を貼り合わせてもよい。上部基板を貼り合わせることによって、ホール輸送層 1 3、発光層 1 4、電子輸送層 1 5、電子注入層 1 6 を水分および空気などから保護できる。

【0066】

[2 . 有機 EL 素子の製造方法]

有機 EL 素子 1 の製造方法について、図 6、および、図 7 を参照しながら説明する。図 6、および、図 7 は、有機 EL 素子 1 の製造過程を模式的に示す断面図である。

まず、図 6 (a) に示すように、TFT 基板 2 1 を準備する。そして、サブピクセル毎に、金属材料を真空蒸着法またはスパッタ法で 5 0 n m ~ 5 0 0 n m の膜厚で成膜して、図 6 (b) に示すように、陽極 1 1 を形成する。

【0067】

次に、陽極 1 1 上に、隔壁層 2 2 の材料である隔壁層用樹脂を一様に塗布し、隔壁材料層を形成する。隔壁層用樹脂には、例えば、ポジ型の感光性材料であるフェノール樹脂が用いられる。この隔壁材料層に露光と現像を行うことで隔壁層 2 2 の形状にパターン形成し、焼成することによって隔壁層 2 2 を形成する（図 6 (c)）。この焼成は、例えば、1 5 0 以上 2 1 0 以下の温度で 6 0 分間行う。生成された隔壁層 2 2 によって、発光層 1 4 の形成領域となる開口部 2 2 a が規定される。

【0068】

隔壁層 2 2 の形成工程において、さらに、隔壁層 2 2 の表面を所定のアルカリ性溶液や水、有機溶媒等によって表面処理を行ってもよいし、プラズマ処理を施してもよい。隔壁層 2 2 の表面処理は、開口部 2 2 a に塗布するインクに対する接触角を調整する目的や、隔壁層 2 2 の表面に撥水性を付与する目的で行われる。

そして、マスク蒸着法やインクジェットによる塗布法によって、ホール注入層 1 2 の材料を成膜し、焼成することによって、図 6 (d) に示すように、ホール注入層 1 2 を形成する。

【0069】

次に、隔壁層 2 2 が規定する開口部 2 2 a に対し、ホール輸送層 1 3 の構成材料を含むインクを塗布し、焼成（乾燥）を経て、図 6 (e) に示すようにホール輸送層 1 3 を形成する。

10

20

30

40

50

同様に、発光層 14 の材料を含むインクを塗布し、焼成（乾燥）することにより、図 6（f）に示すように発光層 14 を形成する。

【0070】

続いて、図 7（a）に示すように、発光層 14 の上に、有機材料の真空蒸着法などにより、電子輸送層 15 を 1 nm より厚く、30 nm 以下の膜厚で成膜する。電子輸送層 15 は隔壁層 22 の上にも形成される。

そして、図 7（b）に示すように、電子輸送層 15 の上に、有機材料と金属材料との共蒸着法により、電子注入層 16 を 80 nm より厚く、120 nm 以下の膜厚で成膜する。このとき、光学膜厚 L2 および L3 が設計上の値となるように成膜を行う。

【0071】

続いて、図 7（c）に示すように、電子注入層 16 の上に、金属材料または金属酸化物材料を、真空蒸着法、スパッタ法等で成膜することにより、陰極 17 を形成する。

そして、陰極 17 の上に、SiN、SiON 等の光透過性材料を、スパッタ法、CVD 法等で成膜することによって、図 7（d）に示すように封止層 23 を形成する。

以上の工程を経ることにより、有機 EL 素子 1 が完成するとともに、複数の有機 EL 素子 1 を備えた有機 EL 表示パネル 100 が完成する。なお、封止層 23 の上にカラーフィルタや上部基板を貼り合わせてもよい。

【0072】

[3 . 有機 EL 表示装置の全体構成]

図 8 は、有機 EL 表示装置 1000 の構成を示す模式ブロック図である。当図に示すように、有機 EL 表示装置 1000 は、有機 EL 表示パネル 100 と、これに接続された駆動制御部 200 とを有している。駆動制御部 200 は、4 つの駆動回路 210 ~ 240 と制御回路 250 とから構成されている。

【0073】

なお、実際の有機 EL 表示装置 1000 では、有機 EL 表示パネル 100 に対する駆動制御部 200 の配置については、これに限られない。

< 変形例 >

以上、実施の形態 1 および実施の形態 2 について説明したが、本発明は各実施の形態に限定されることはなく、例えば以下に示すような変形例を実施することも出来る。

【0074】

（変形例 1）各実施の形態において電子注入層 16 は、アルカリ金属、アルカリ土類金属、または、遷移金属から選択されるドープ金属が有機材料にドープされて形成されていた。しかし、電子注入層 16 は、可視光の透過性が高く、かつ、陰極 17 からの電子の注入性を向上する機能を実現する材料で形成されていればよく、必ずしもドープ金属とホスト材料としての有機材料との組合せで形成する必要はない。

【0075】

電子注入層 16 は、例えば、電子輸送性が高い Bathocuproine（BCP）と、陰極 17 からの電子注入性、電子輸送性が高いキノリノール Al 錯体（Alq）との組合せ等、2 種類以上の有機材料で形成してもよい。但し、少なくとも 1 種類の材料に、キノリノール Al 錯体（Alq）のような金属錯体を用いる。このような電子注入層は、2 種類以上の有機材料の共蒸着法等を用いて成膜することができる。

【0076】

（変形例 2）各実施の形態では、電子輸送層 15 がアルカリ金属、アルカリ土類金属、または、遷移金属を含まない構成について説明した。しかし、電子輸送層 15 は、アルカリ金属、アルカリ土類金属、または、遷移金属から選択されるドープ金属を有機材料にドープして形成してもよい。

このような電子注入層において、ホスト材料としての有機材料の LUMO 準位よりドープ金属のフェルミ準位が高い場合、電子注入層 16 から電子輸送層 15 への電子注入障壁 Eg（etl）は、電子輸送層 15 に含まれるドープ金属のフェルミ準位と、電子注入層 16 の LUMO 準位との差によって規定される。また、電子輸送層 15 から発光層 14 へ

10

20

30

40

50

の電子注入障壁 $E_g(e_{m1})$ は、発光層 14 の LUMO 準位と電子輸送層 15 に含まれるドープ金属のフェルミ準位との差によって規定される。

【0077】

この変形例においても、電子注入障壁 $E_g(e_{t1})$ が上述の式(1)を満たすようにエネルギーバンド構造を設計することで、電子注入障壁 $E_g(e_{m1})$ が大きくなり複数の有機 EL 素子 1 間における特性のばらつきを抑制することができる。

(変形例 3) 各実施の形態における有機 EL 素子 1 は、ホール注入層 12 を備えていたが、これを備えない構成の有機 EL 素子も同様に実施することができる。

【0078】

(変形例 4) 上記実施の形態 2 においては、有機 EL 素子 1 の基材は、絶縁材料としてガラスを用いた例について説明したが、これに限られない。基材を構成する絶縁材料として、例えば、セラミックや樹脂等を用いてもよい。基材に用いるセラミックとしては、例えばアルミナが挙げられる。基材に用いる樹脂としては、例えば、ポリイミド系樹脂、アクリル系樹脂、スチレン系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリエーテルサルホン、ポリエチレン、ポリエステル、シリコン系樹脂等の絶縁性材料が挙げられる。基材に樹脂を用いると、フレキシブル性を有するが、酸素や水分の透過率が高い事が知られており、酸素や水分によって金属材料などの劣化を招くことがある。本実施形態に係る有機 EL 表示パネル 100 では、電子注入層 16 における金属材料のドープ濃度のばらつきに対して特性が安定しているため、特にこのような樹脂基材を用いた有機 EL 素子に適している。

【0079】

(変形例 5) 各実施の形態においては、陽極 11 が光反射性を有し、陰極 17 が光透過性を有するトップエミッション型の構造について説明したが、逆に、陽極 11 が光透過性を有し、陰極 17 が光反射性を有するボトムエミッション型の構造でも実施できる。

(変形例 6) 各実施の形態においては、ホール輸送層 13、発光層 14 をインク塗布で製造しているがこれに限らない。例えば、ホール輸送層、発光層の少なくとも一方を蒸着により製造してもよい。

(変形例 7) 各実施の形態においては、電子注入層 16 の膜厚の設計により光共振器構造を設計しているがこれに限られない。例えば、電子注入層 16 と陰極 17 との間に光学調整層を設け、電子注入層 16 と光学調整層の両方の膜厚の設計により光共振器構造を設計するとしてもよい。このような設計であれば、電子注入層 16 から発光層 14 への電子注入性に光学調整層が影響を与えないからである。なお、光学調整層は、可視光の透過性、電気伝導度が共に高い透明導電膜が適しており、陰極 17 とは屈折率が異なっていることが好ましい。例えば、陰極 17 が ITO、IZO などの酸化物であれば銀、アルミニウム、銀合金、アルミニウム合金などの金属薄膜が好ましく、逆に、陰極 17 が金属薄膜であれば、ITO、IZO などの透明導電膜が好ましい。

【産業上の利用可能性】

【0080】

本発明の有機 EL 素子は、家庭用、公共施設、あるいは業務用の各種表示装置、テレビジョン装置、携帯型電子機器用ディスプレイ、照明等に利用可能である。

【符号の説明】

【0081】

- 1 有機 EL 素子
- 11 陽極
- 12 ホール注入層
- 13 ホール輸送層
- 14 発光層
- 15 電子輸送層
- 16 電子注入層
- 17 陰極

10

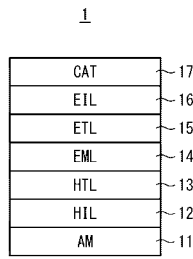
20

30

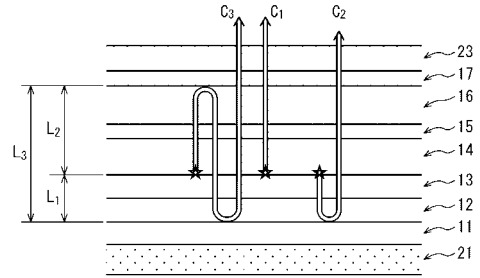
40

50

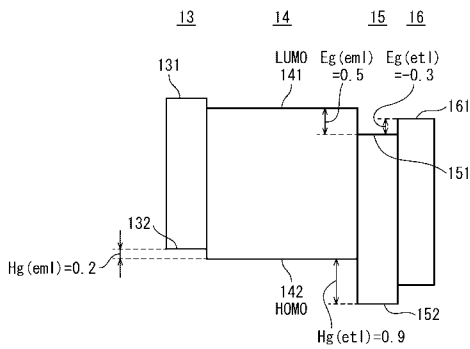
【 図 1 】



【 図 3 】



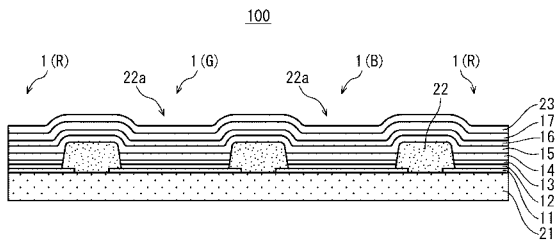
【 図 2 】



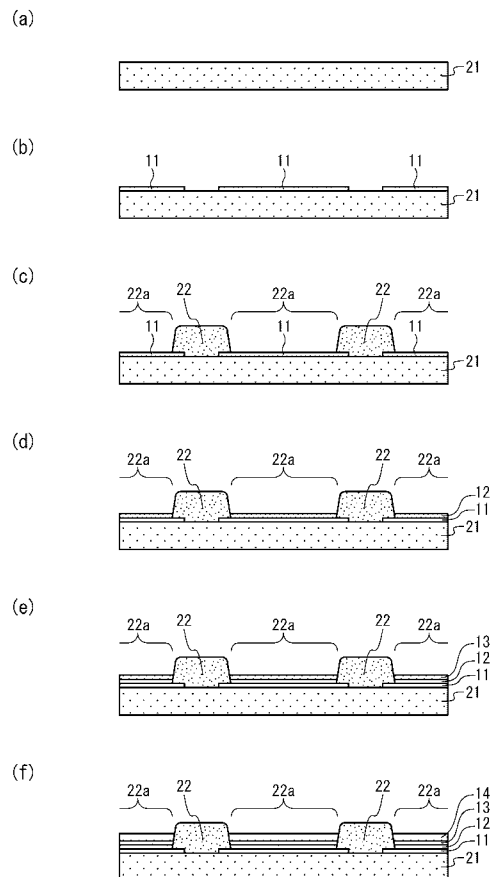
【 図 4 】

サンプル	電子輸送層		中間層		電子注入層		駆動電圧 (相対値)	発光効率 (相対値)	寿命 (相対値)
	膜厚 (nm)	膜厚 (nm)	膜厚 (nm)	Ba濃度 (wt%)					
A	15	0	105	5	100	100	100		
B	120	0	3	30	149	59	63		
C	15	105	3	30	135	75	47		

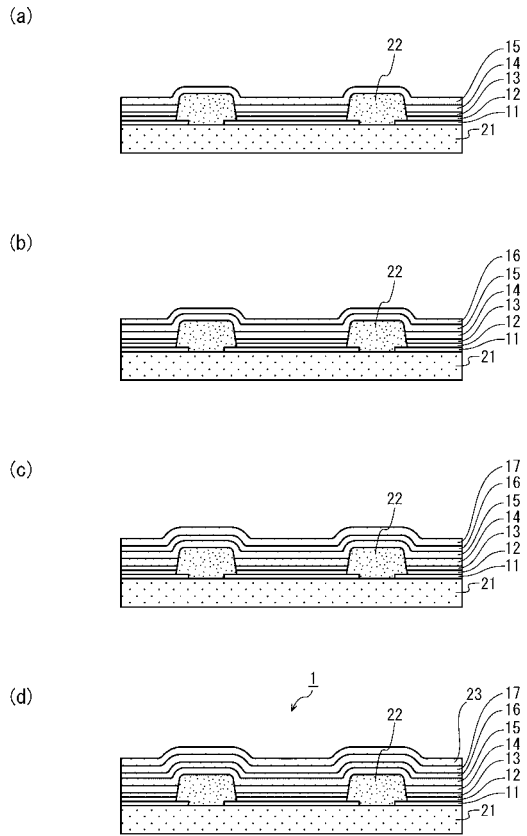
【 図 5 】



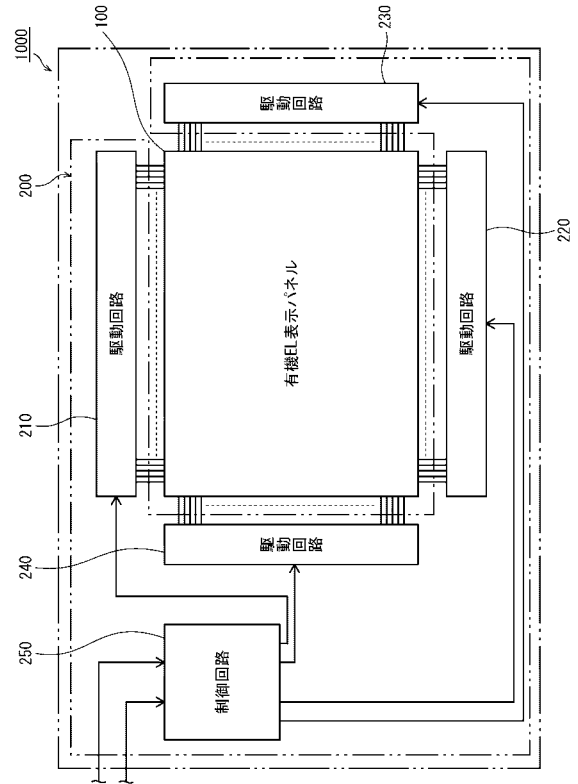
【 図 6 】



【図7】



【図8】



专利名称(译)	有机EL元件和有机EL面板		
公开(公告)号	JP2018061014A	公开(公告)日	2018-04-12
申请号	JP2017172716	申请日	2017-09-08
[标]申请(专利权)人(译)	日本有机雷特显示器股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	株式会社JOLED		
[标]发明人	三島孝介		
发明人	三島 孝介		
IPC分类号	H01L51/50 H05B33/02		
CPC分类号	H01L51/5072 H01L51/5076 H01L2251/552 H01L2251/558 H01L51/0097 H01L51/5004 H01L51/5012 H01L51/5092 H01L51/5218 H01L51/5234 H01L51/5275 H01L51/56 H01L2251/301 H01L2251/5338		
FI分类号	H05B33/22.A H05B33/14.A H05B33/02		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/BB02 3K107/CC04 3K107/CC12 3K107/CC22 3K107/DD10 3K107/DD17 3K107/DD23 3K107/DD27 3K107/DD75 3K107/DD86 3K107/FF15 3K107/FF19		
优先权	2016192871 2016-09-30 JP		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

类别代码：A1一种有机EL元件，采用光学谐振器结构，具有改善的驱动电压，提高的发光效率和长使用寿命 本发明公开了一种有机EL元件，包括阳极11，设置在阳极11的主面侧的阴极17，设置在阳极11和阴极17之间的发光层14，发光层14的阴极与17侧的表面接触配置的电子传输层15是电子传输的Okuso 15和阴极17，和电子注入层之间设置为与电子传输层15级的电子注入层的电子传输层15和阴极17，最低未占分子轨道（LUMO）接触16比包含在LUMO能级或16 16的电子传输层中的金属材料的费米能级下，电子注入层16的厚度比所述电子传输层15的厚度大。点域

